



⑫

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

⑬ Numéro de dépôt: 90402542.6

⑬ Int. Cl.5: C21D 9/573

⑭ Date de dépôt: 14.09.90

⑮ Priorité: 14.09.89 FR 8912055

⑯ Demandeur: SOLLAC
Immeuble Elysées-La Défense 29, le Parvis
F-92072 Puteaux(FR)

⑰ Date de publication de la demande:
20.03.91 Bulletin 91/12

⑰ Inventeur: Brun, Charles
4, Avenue de Nemours
F-60500 Chantilly(FR)

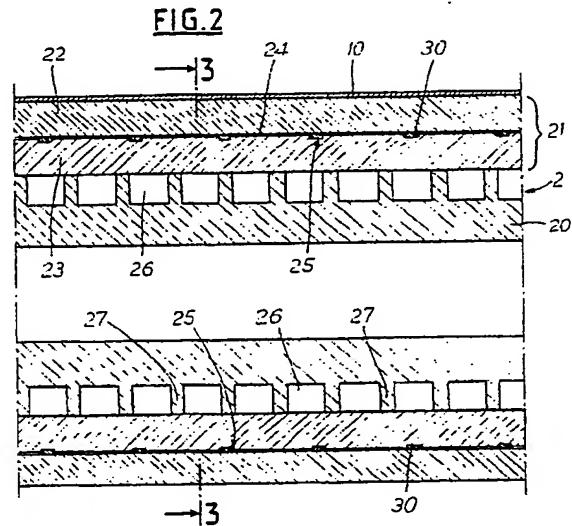
⑲ Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB GR IT LI LU NL SE

⑳ Mandataire: Lanceplaine, Jean-Claude et al
CABINET LAVOIX 2, Place d'Estienne
d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09(FR)

㉑ Dispositif de refroidissement par contact de rouleaux pour la trempe en continu d'une bande d'acier préchauffée.

㉒ Dispositif de refroidissement par contact de rouleaux pour une trempe en continu d'une bande d'acier préchauffée comportant un bâti sensiblement parallélépipédique muni d'un ensemble de rouleaux transversaux parallèles comprenant d'une part deux blocs de rouleaux à paliers fixes d'entrainement et de mise sous tension de la bande (10) sur lesquels ladite bande (10) à traiter se déplace à une vitesse pré-déterminée et d'autre part, une série de rouleaux de trempe (2), à paliers coulissants, placée entre les deux blocs d'entrainement et de tension de part et d'autre de la bande (10) à traiter.

Suivant l'invention, les rouleaux de trempe (2) comportent une âme cylindrique (20) et un fourreau (21) constitué de deux couronnes concentriques (22, 23) délimitant en leur interface un interstice calibré (24) parcouru par un fluide comme par exemple un gaz ou un mélange de gaz de conductivité thermique choisie.



EP 0 418 166 A1

La présente invention a pour objet un dispositif de refroidissement par contact de rouleaux pour la trempe en continu d'une bande d'acier préchauffée.

On connaît un dispositif de refroidissement qui comprend un bâti sensiblement parallélépipédique muni d'un ensemble de rouleaux transversaux parallèles tournant autour de leur axe longitudinal. Cet ensemble de rouleaux est généralement constitué, d'une part, de deux blocs de rouleaux à paliers fixes d'entrainement et de mise sous tension de la bande sur lesquels la bande d'acier à traiter est déplacée à une vitesse prédéterminée et, d'autre part, d'une série de rouleaux de trempe à paliers coulissants placée entre les deux blocs d'entrainement et de tension, de part et d'autre de la bande à traiter.

La trempe est effectuée par les rouleaux de trempe qui sont, à cet effet refroidis et qui peuvent se déplacer sur les paliers coulissants pour modifier la surface de contact avec ladite bande.

Le refroidissement des rouleaux est essentiellement obtenu par une circulation d'eau. Dans ce dispositif connu, l'angle de contact de la bande avec chaque rouleau est réglé en modifiant la position des paliers, ce qui entraîne une variation de la surface de contact bande-rouleaux.

Le débit d'eau de refroidissement est invariant et doit être prévu suffisant pour maintenir la température de l'eau entre 20° et 40° C quelque soit la vitesse de déplacement de la bande.

Mais, le processus est lent, et mal adapté à des corrections rapides.

Par ailleurs, en cas de variations instantanées de la vitesse de défilement de la bande ou de l'épaisseur de ladite bande, la pratique actuelle consiste à agir sur la température à l'entrée de la trempe à rouleaux, pour contrôler la température à l'entrée du surveillement. Par conséquent, la température à l'entrée de la trempe à rouleaux ne peut être mise sous contrôle, ce qui interdit la réalisation de cycle de refroidissement à vitesse contrôlée.

La trempe à rouleaux par un refroidissement des rouleaux, uniquement à l'eau, a permis de traiter un grand nombre de bandes d'acier dont l'épaisseur peut varier entre 0,7 et 1,52 mm et dont la largeur peut également varier entre 789 mm et 1519 mm.

Mais, on constate que le refroidissement diminue avec l'épaisseur de la bande, de 200° C maximum pour une épaisseur supérieure à 1,3 mm à 120° C maximum pour une épaisseur égale à 0,7 mm. La consigne de refroidissement de 600° C à 400° C n'est pas respectée. Ceci ne provient pas d'un manque de capacité de refroidissement puisqu'on utilise au plus 1,5 m de longueur de contact bande-cylindre, alors que la longueur effective de

contact entre la bande et le cylindre peut être supérieure à 7,5 m.

Par contre, on note que la variation de la température au contact des rouleaux, par mètre de longueur de contact, est très élevée ($\frac{\Delta T}{\Delta L} > 120^{\circ} \text{C/m}$) et croît lorsque l'épaisseur diminue pour atteindre 220° C/m environ pour l'épaisseur de 0,7 mm, malgré la diminution de l'intervalle de refroidissement.

Il s'en suit des contraintes de cisaillement très élevées, qui en pratique limitent la capacité de refroidissement effective, car quand ces contraintes atteignent la contrainte limite de flambement, la bande décolle du cylindre en amorçant des plis.

Ceci est un handicap pour le développement par exemple des aciers à durcissement secondaire, et interdit la réalisation de traitements thermiques de trempe pour des nuances à très haute résistance (Dual Phase ou Martensitiques).

Pour un intervalle de températures à refroidissement fixé, on peut évaluer de façon précise l'efficacité du refroidissement par rouleau, cette efficacité dépendant de la valeur d'un coefficient d'échange thermique K. Le coefficient d'échange thermique K est compris entre 3500 et 6000 Kcal/m² x h x °C et croît lorsque l'épaisseur de la bande diminue ou que la tension de la bande dans la trempe à rouleaux augmente.

L'invention a pour objet un dispositif de refroidissement par contact de rouleaux qui évite les inconvénients précités en permettant de diminuer le coefficient d'échange thermique bande-rouleaux, de contrôler le refroidissement de la trempe à rouleaux en ajustant le coefficient d'échange thermique, d'accroître la longueur de contact bande-rouleaux et de réduire la vitesse de refroidissement ce qui entraîne une meilleure utilisation de la trempe à rouleaux, en accroissant la capacité effective de refroidissement de la ligne et en autorisant des cycles de trempe à plus de 50° C par seconde entre 650° et 800° C et 300° et 350° C, indispensable pour réaliser la trempe d'acier à très haute résistance.

Selon l'invention le dispositif de refroidissement par contact de rouleaux est caractérisé en ce que les rouleaux de trempe comportent une âme cylindrique et un fourreau formé de deux couronnes concentriques délimitant en leur interface un interstice calibré pour une circulation d'un fluide de conductivité thermique choisie, la couronne externe étant frettée sur la couronne interne de façon à maintenir l'épaisseur de l'interstice sensiblement constante, pour une variation de température entre les deux couronnes d'au moins 300° C.

Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- l'épaisseur de l'interstice est définie par au moins une entretoise,
- l'entretoise est formée par au moins un anneau,
- l'entretoise a la forme d'une hélice,

- l'entretoise est formée de plusieurs secteurs définissant entre eux un espace pour le passage du fluide,
- l'entretoise est constituée d'un matériau isolant thermique résistant à la compression comme par exemple une céramique ou plus particulièrement une zircone,
- l'entretoise est insérée dans au moins une rainure formée sur la face externe de la couronne interne ou sur la face interne de la couronne externe,
- le fluide de conductivité thermique choisie est un gaz comme par exemple de l'hydrogène ou de l'azote ou un mélange de ces deux gaz dans une proportion permettant d'ajuster le coefficient d'échange thermique bande-rouleaux,
- le gaz de conductivité thermique choisie est conditionné sous pression dans des bouteilles placées à l'intérieur du rouleau, la composition et le débit du gaz étant régulés par une vanne télécommandée.

L'invention est représentée, à titre d'exemple non limitatif sur les dessins ci-joints, dans lesquels

- la Fig. 1 est une vue schématique du dispositif de refroidissement par contact de rouleaux suivant l'invention.
- la Fig. 2 est une vue partielle en coupe longitudinale d'un rouleau de trempe du dispositif selon l'invention,
- la Fig. 3 est une demi-vue en coupe suivant la ligne 3-3 de la Fig. 2,
- la Fig. 4 est une vue en perspective d'un premier mode de réalisation d'une entretoise d'un rouleau de trempe,
- la Fig. 5 est une vue en perspective d'un deuxième mode de réalisation d'une entretoise d'un rouleau de trempe,
- la Fig. 6 représente une série de trois courbes caractéristiques du refroidissement en fonction de la conductivité thermique du gaz utilisé.

Sur la Fig. 1, le dispositif de refroidissement désigné dans son ensemble par la référence 1 est constitué d'un bâti 3 sensiblement parallélépipédique muni d'un ensemble de rouleaux parallèles transverseaux tournant autour de leur axe longitudinal et sur lesquels une bande d'acier 10 à traiter se déplace à une vitesse déterminée.

Le bâti 3 comprend une première zone 4 constituée par un bloc de trois rouleaux 7 à paliers fixes de mise en tension de la bande 10, une deuxième zone 5, dite zone de trempe, dans laquelle sont placés des rouleaux de trempe 2 montés sur des paliers coulissants 2a afin de pouvoir ajuster l'angle de contact bande-rouleaux de trempe, et une troisième zone 6 dans laquelle est disposé un autre bloc de trois rouleaux 7 à paliers fixes pour ramener à une autre valeur la tension de la bande 10.

De part et d'autre de la zone de trempe 5, deux rouleaux 9 à axe fixe définissent une position horizontale de la bande d'acier 10 lorsque les rouleaux 2 sont en position de retrait comme représenté en pointillé sur la Fig. 1, c'est à dire sans contact avec la bande 10.

Les rouleaux 2 peuvent se déplacer vers une position 2' représentée en trait plein sur la Fig. 1 pour entrer en contact avec la bande tendue entre les rouleaux 9. Le déplacement contrôlé des rouleaux 2 permet de faire varier la surface de contact bande 10 - rouleaux de trempe 2 et de contrôler l'échange thermique. L'angle de contact de la bande 10 avec chaque rouleau est réglé en modifiant la position des paliers 2a.

Les Figs. 2 et 3 sont deux vues en coupe, l'une transversale, l'autre longitudinale, d'un rouleau de trempe 2 sur lesquelles il a été représenté pour plus de clarté, la bande d'acier 10 à traiter en contact avec la paroi externe du rouleau.

Chaque rouleau de trempe 2 est constitué d'une âme cylindrique 20 sur laquelle est placé un fourreau 21 formé de deux couronnes concentriques, une couronne externe 22 et une couronne interne 23 délimitant à leur interface un interstice 24 calibré destiné au passage, en régime d'écoulement laminaire, d'un fluide de conductivité thermique choisie.

Par le choix d'un fluide de conductivité définie et des dimensions de l'interstice 24, on peut déterminer une valeur du coefficient d'échange thermique moyen K.

Selon l'invention, le fluide peut être constitué par de l'hydrogène pur, par de l'azote pur ou par un mélange d'hydrogène et d'azote, l'utilisation de ces deux gaz permettant de faire varier le coefficient d'échange thermique entre 4000 et 800 k/cal/m² x h x °C.

Préférentiellement, afin d'éviter l'effet de pont thermique entre la couronne externe 22 et la couronne interne 23, un matériau intercalaire est inséré dans l'interstice 24 sous forme d'une entretoise 30.

Selon un premier mode de réalisation représenté à la Fig. 4, l'entretoise 30 est constituée d'anneaux 31 formés de plusieurs secteurs 32 définissant entre eux un espace 33 pour permettre l'écoulement du gaz fluide circulant dans l'interstice 24.

Selon un second mode de réalisation représenté à la Fig. 5, l'entretoise 30 a la forme d'une hélice 34 formée de plusieurs secteurs d'hélices 35 définissant également entre eux un espace 36 pour permettre l'écoulement du gaz fluide circulant dans l'interstice 24.

Le matériau utilisé pour la fabrication de l'entretoise 30 est un isolant thermique résistant à la compression à des températures pouvant atteindre 500 °C, comme par exemple une céramique et

plus particulièrement une zircone.

L'entretoise 30 peut être encastrée dans une ou plusieurs rainures 25 usinée soit sur la face externe de la couronne interne 23 comme dans l'exemple de réalisation représenté à la Fig. 2, soit sur la face interne de la couronne externe 22.

Par exemple, un ensemble de rainures 25 formant des gorges de 2mm de profondeur et de 5 mm de large avec une distance de 25mm entre les rainures permet d'encastrer des entretoises en forme d'anneaux 31 formés de plusieurs secteurs 32 de section 5mm x 2,1mm.

Dans le cas d'une entretoise en hélice 34, un ensemble de rainures 25 de 2mm de profondeur et de 5mm de large avec un pas de 125mm, et une distance de 25mm entre les rainures permet d'encastrer des entretoises de section 5mm x 2,1mm distantes entre elles de 20mm.

Selon une autre variante, l'interstice calibré 24 peut être obtenu par l'usinage de la face interne de la couronne extérieure 22 ou de la face externe de la couronne intérieure 23.

Compte tenu des pressions transmises à l'âme 20 du rouleau, les rouleaux de trempe 2 sont refroidis par une circulation d'eau dont le débit est invariant et doit être prévu suffisant pour maintenir la température de l'eau entre 20° et 40°C quelque soit la vitesse et l'épaisseur de la bande d'acier 10. Il est nécessaire d'assurer le passage de l'eau de refroidissement en limitant les déformations et en supprimant le risque de flambement de la couronne interne 23.

Pour cela l'âme cylindrique 20 comporte un canal en hélice 26, les cloisons 27 formant l'hélice pouvant supporter la pression transmise par la couronne interne 23.

Dans ce but, à titre d'exemple, le canal d'eau 26 en hélice au pas de 125mm est cloisonné en plusieurs passages de 20 x 20 mm de section, alimentés en parallèle et séparés par les cloisons 27 de 5 mm d'épaisseur. Des fentes radiales, non représentées, peuvent être aménagées pour limiter les contraintes radiales dans lesdites cloisons, les fentes formant entre elles un angle inférieur à 30°.

La couronne externe 22 peut être frettée sur la couronne interne 23, de façon à maintenir l'épaisseur de l'interstice 24 sensiblement constante pour une variation de température, entre les deux couronnes d'au moins 300°C. L'écart de température entre les deux couronnes 22 et 23 peut atteindre 300°C. La cote de l'interstice 24 devant être maintenue constante, la couronne externe 22 doit être frettée sur la couronne interne 23 avec un ΔT de frettage supérieur à 300°C. La pression de frettage est transmise à la couronne interne 23 sans que les zones de contact constituent des ponts thermiques lorsque le rouleau 2 fonctionne à l'azote pur.

Enfin, la dilatation latérale de la couronne ex-

terne 22 ne doit pas être générée ce qui nécessite que les deux couronnes 22 et 23 puissent glisser l'une par rapport à l'autre.

Pour cela, il est utilisé une âme 20 et une couronne interne 23 en bronze phosphoreux (Module Elastique 105.000 MPa, coefficient de dilatation $1,78 \cdot 10^{-5}$), une couronne externe 22 en acier, frettée avec un ΔT de 300°C. Le choix d'un matériau à module élastique plus bas pour la couronne interne 23 et pour l'âme 20 du rouleau aura pour effet de réduire les contraintes de frettage. C'est ainsi que pour une épaisseur de 30mm des couronnes interne et externe, on obtiendra dans ces conditions, des contraintes maximales de 400 MPa en traction dans la couronne externe 22 et de 270 MPa en compression dans la couronne interne 23. Les entretoises 30 encastrées subissent une pression maximale de 100 MPa, et définissent une interstice 24 de 0,1mm environ pour le passage du fluide de conductivité choisie. Le débit de fluide comme par exemple un gaz tel que l'hydrogène ou l'azote peut être réduit (20 litres par heure) et on alimente l'interstice 24 en gaz à partir de bouteilles, non représentées, placées à l'intérieur du rouleau de trempe.

Le débit de gaz est régulé en utilisant un circuit non représenté, comportant :

- un détendeur pour chaque bouteille.
- une vanne régulatrice à deux voies permettant de réguler le débit de chaque gaz de 0 à 20 litres/heure pour un débit totale de 20 litres/heure. Cette vanne peut être télécommandée et débitée dans le circuit interstitiel entre les deux couronnes.
- une vanne de régulation de la pression de décharge du gaz vers l'atmosphère du four.

L'ouverture de cette vanne permet le changement instantané de gaz.

Il est donc possible de réguler en continu la température de sortie du gaz de trempe à rouleaux en agissant, sur la composition du mélange de gaz, donc sur la conductivité thermique.

Le métal de la couronne 22 est soumis à des contraintes thermiques élevées et variables à la limite du contact bande-rouleaux. La limite de fatigue de ce métal doit être supérieure à 100 MPa à 400°C, celle du métal de la couronne interne 23 doit être supérieure à 270 MPa à 80°C.

La Fig. 6 représente trois courbes caractéristiques du refroidissement pour trois compositions de gaz différents.

La courbe A donne la variation de températures dans une paroi externe d'un rouleau de trempe pour une température de bande Tb avant une trempe de 600°C, le gaz circulant dans l'interstice étant de l'hydrogène. Ts représente la température à la surface de la couronne externe 22, Te la température mesurée au niveau de l'interstice 24 et Ti la température de la surface interne de la cou-

ronne 23.

Les courbes B et C représentent, dans les mêmes conditions de mesure, les variations de températures, dans la paroi externe d'un rouleau de trempe pour d'une part une circulation d'un gaz contenant 25% d'hydrogène et 80% d'azote, et d'autre part une circulation d'azote pur.

Le dispositif de trempe par contact de rouleaux selon l'invention permet de réguler la température de sortie de la trempe à rouleaux en agissant sur le coefficient d'échange thermique K, sans modifier la température à l'entrée, et donc en respectant un cycle thermique précis quelque soit les conditions de marche de la ligne.

Revendications

1. Dispositif de refroidissement par contact de rouleaux pour une trempe continue d'une bande d'acier (10) préchauffée comportant un bâti (3) sensiblement parallélépipédique muni d'un ensemble de rouleaux transversaux parallèles tournant autour de leur axe longitudinal, ensemble de rouleaux comprenant d'une part, deux blocs (4) de rouleaux (7) à paliers fixes d'entraînement et de mise sous tension de la bande (10) sur lesquels ladite bande d'acier à traiter se déplace à une vitesse pré-déterminée et d'autre part, une série de rouleaux de trempe (2), à paliers coulissants (2a), placée entre les deux blocs (4) d'entraînement et de tension de part et d'autre de la bande (10) à traiter, la trempe étant effectuée par les rouleaux de trempe (2) refroidis par une circulation d'eau et pouvant se déplacer sur les paliers coulissants (2a) pour modifier la surface de contact entre la bande (10) et lesdits rouleaux de trempe (2), caractérisé en ce que les rouleaux de trempe (2) comportent une âme cylindrique (20) et un fourreau (21) formé de deux couronnes concentriques (22, 23) délimitant en leur interface un interstice calibré (24) pour une circulation d'un fluide de conductivité thermique choisie, la couronne externe (22) étant frettée sur la couronne interne (23) de façon à maintenir l'épaisseur de l'interstice (24) sensiblement constante, pour une variation de température entre les deux couronnes (22, 23) d'au moins 300 °C.
2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'épaisseur de l'interstice (24) est définie par au moins une entretoise (30).
3. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'entretoise (30) est formée par au moins un anneau (31).
4. Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'entretoise a la forme d'une hélice (34).
5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'entretoise (30) est formée

de plusieurs secteurs (32, 35) définissant entre eux un espace (33, 36) pour le passage du fluide.

- 5 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'entretoise (30) est constituée d'un matériau isolant thermique, résistant à la compression.
- 10 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que le matériau isolant thermique est une céramique.
- 15 8. Dispositif selon les revendications 6 et 7, caractérisé en ce que la céramique est une zircone.
- 20 9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'entretoise (30) est insérée dans au moins une rainure (25) formée sur la face externe de la couronne interne (23).
- 25 10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'entretoise (30) est insérée dans au moins une rainure formée sur la face interne de la couronne externe (22).
- 30 11. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide de conductivité choisie est du gaz tel que l'hydrogène.
- 35 12. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le fluide de conductivité choisie est du gaz tel que l'azote.
- 40 13. Dispositif selon les revendications 11 et 12, caractérisé en ce que le gaz de conductivité choisie est un mélange d'hydrogène et d'azote dans une proportion permettant d'ajuster le coefficient d'échange thermique bande (10)-rouleaux (2).
- 45 14. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce que le gaz de conductivité choisie est conditionné sur pression dans des bouteilles placées à l'intérieur du rouleau (2), la composition et le débit du gaz étant régulés par une vanne télécommandée.
- 50 15. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'âme cylindrique du rouleau (2) comporte un canal d'eau (26) hélicoïdal constitué par au moins une cloison (27) en hélice formée sur ladite âme.
- 55 16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que la cloison (27) est fendue radialement, les fentes formant entre elles un angle inférieur à 30°.
17. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couronne (23) est en bronze phosphoreux ayant une résistance à la compression supérieure à 270 MPa à 80 °C.
18. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couronne externe (22) est en acier ayant une résistance à la traction supérieure à 400 MPa à 500 °C.

FIG.1

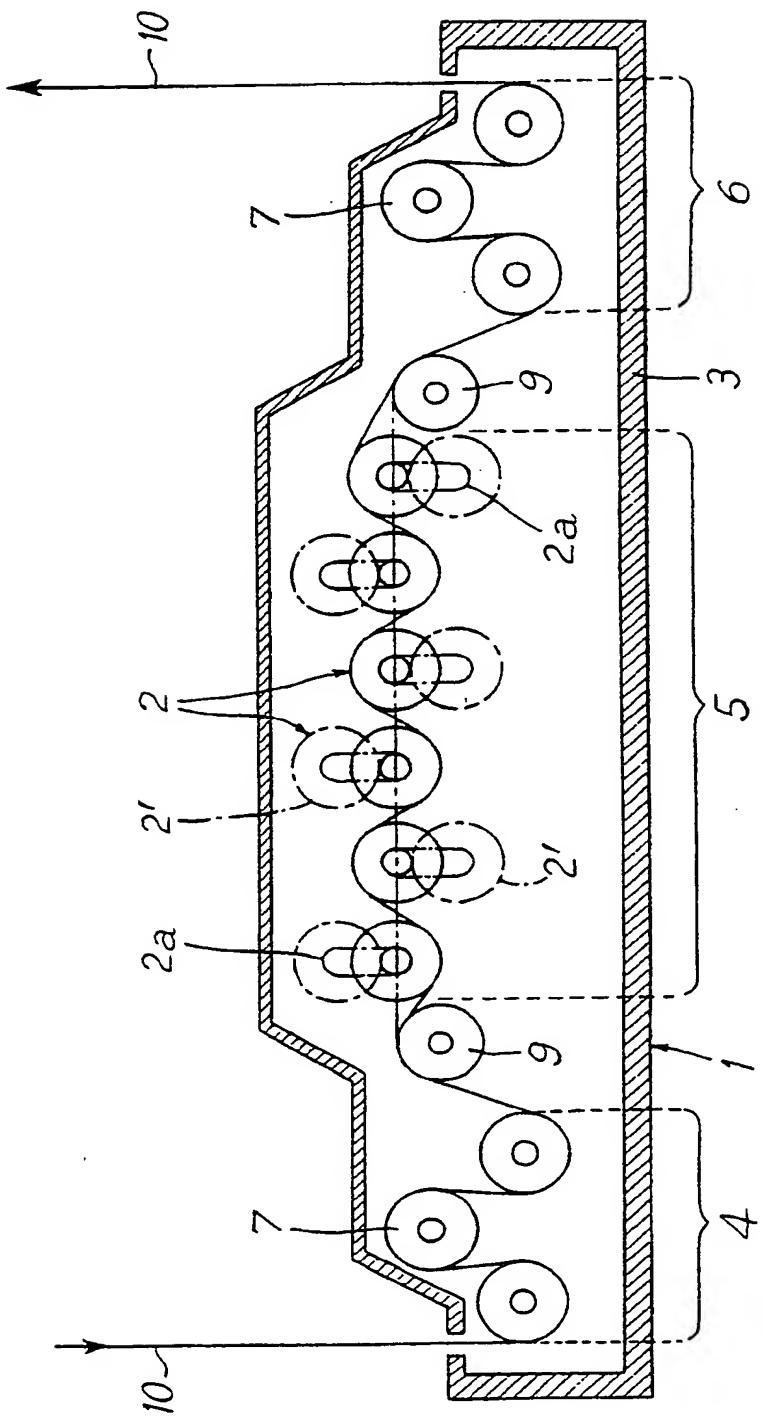


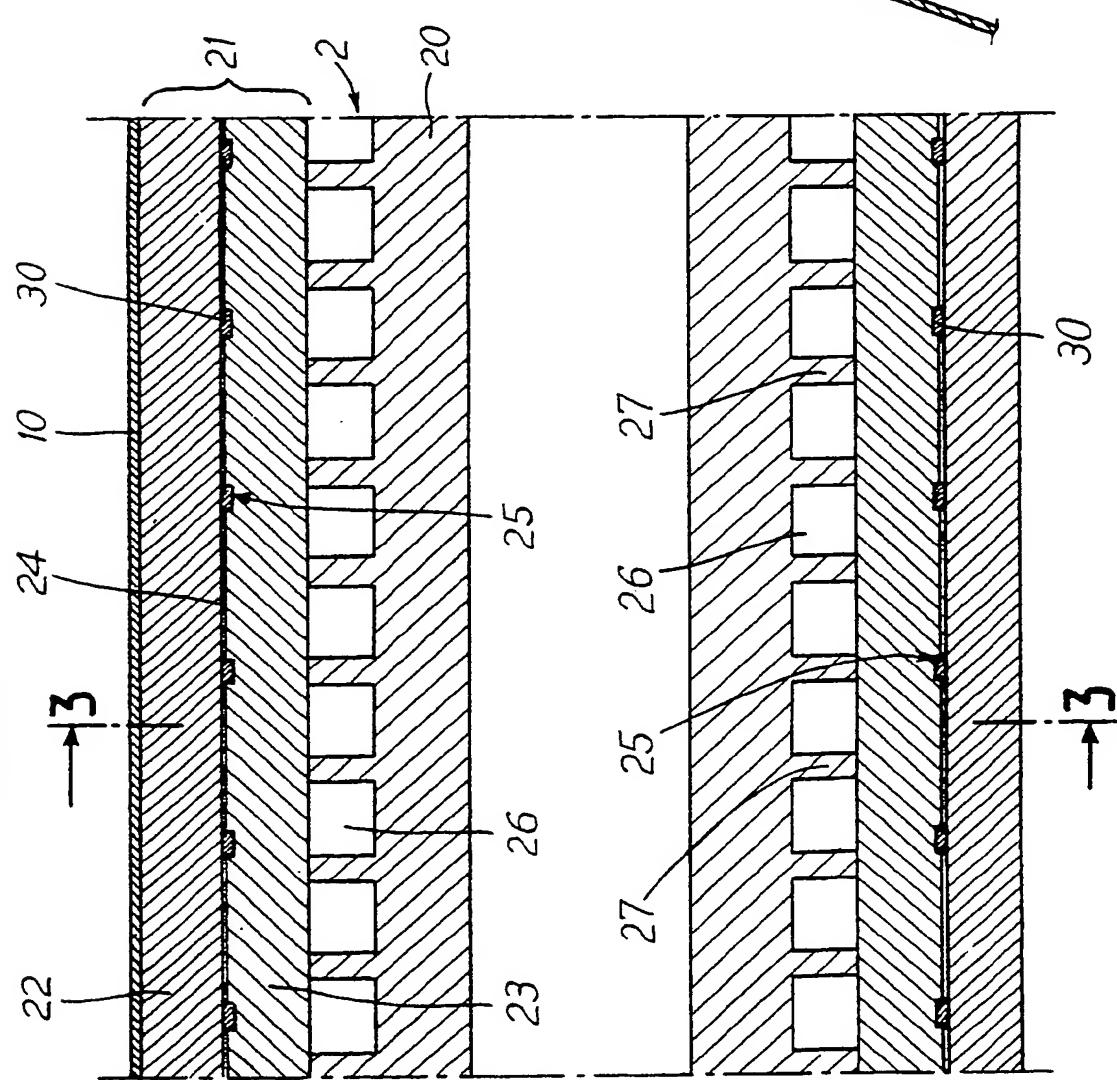
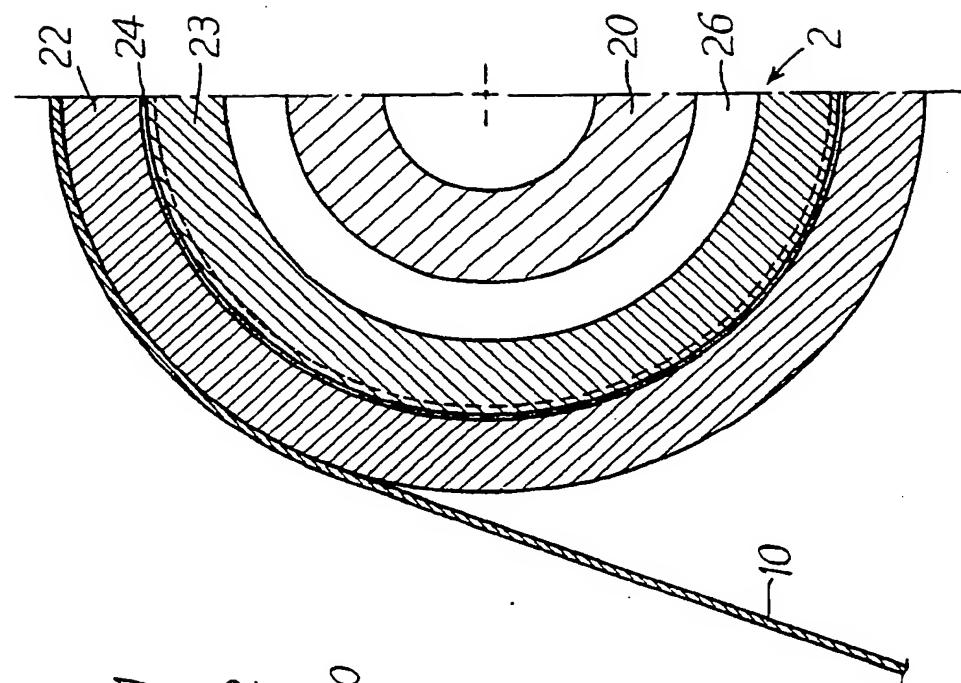
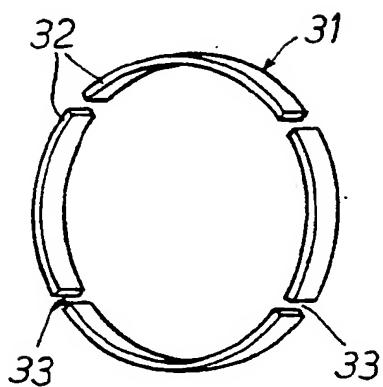
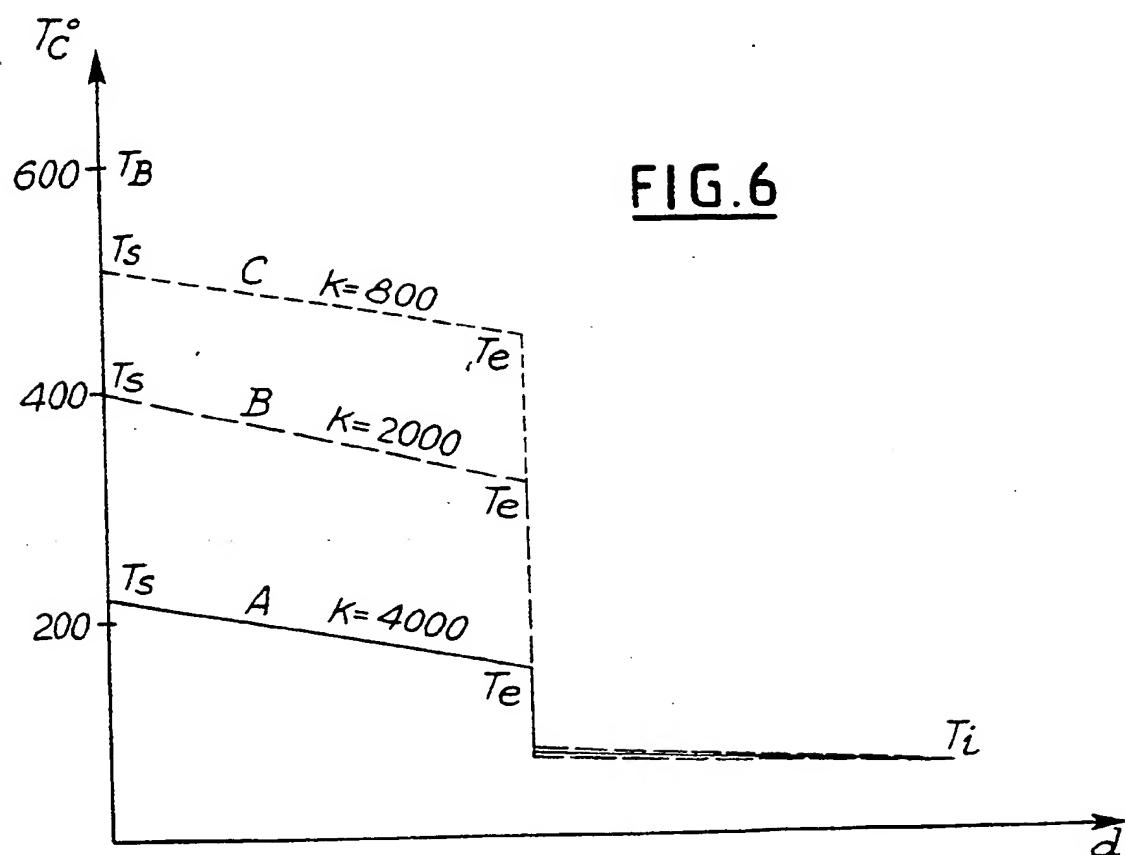
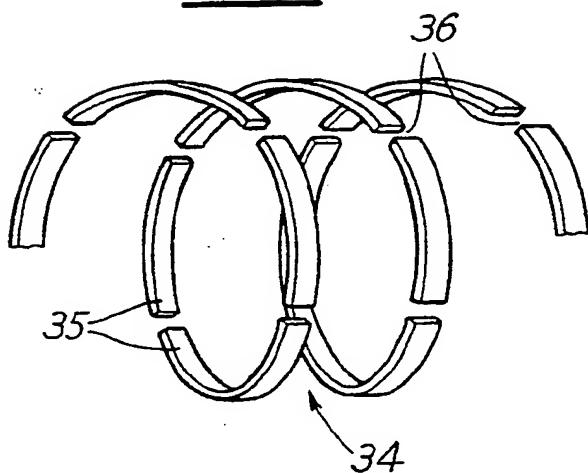
FIG. 2FIG. 3

FIG.4FIG.5



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 287 (C-314)[2010], 14 novembre 1985; & JP-A-60 131 927 (MITSUBISHI JUKOGYO K.K.) 13-07-1985 - - -		C 21 D 9/573
A	EP-A-0 117 083 (NIPPON STEEL) - - -		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 8, no. 283 (C-258)[1720], 25 décembre 1984; & JP-A-59 153 844 (SUMITOMO KINZOKU KOGYO K.K.) 01-09-1984 - - -		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 5, no. 193 (M-101), 9 décembre 1981; & JP-A-56 114 562 (FUJI KOGYOSHO K.K.) 09-09-1981 - - -		
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no. 12 (C-261)[1735], 18 janvier 1985; & JP-A-59 162 230 (SUMITOMO KINZOKU KOGYO K.K.) 13-09-1984 - - - -		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			C 21 D
Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
La Haye	18 décembre 90	MOLLET G.H.J.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X: particulièrement pertinent à lui seul		E: document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date	
Y: particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D: cité dans la demande	
A: arrière-plan technologique		L: cité pour d'autres raisons	
O: divulgation non-écrite		
P: document intercalaire		
T: théorie ou principe à la base de l'invention		&: membre de la même famille, document correspondant	

BEST AVAILABLE COPY